



Centre d'Estudis del Risc Tecnològic
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Asesoramiento científico para evaluar el comportamiento del sistema de ventilación de un aparcamiento

D4. Análisis de los resultados del Escenario A (Incendio en Planta Baja).

Barcelona, 26 de junio de 2019

CONTENIDO

1	Datos de partida.....	3
1.1	Características del edificio	3
1.2	Características del sistema de ventilación.....	3
1.3	Características del incendio	4
2	Parámetros a visualizar	6
3	Análisis de los resultados.....	9
3.1	Velocidad del aire	9
3.2	Difusión del humo 3D	11
3.3	Visibilidad.....	13
3.4	Temperatura	17
3.5	Concentración de oxígeno	21
3.6	Concentración de CO	23
3.7	Concentración de CO ₂	26
4	Conclusiones	28
5	Bibliografía	29

1 Objetivos de la simulación

2 Datos de partida

2.1 Características del edificio

El Escenario A tiene lugar en la Planta Baja del aparcamiento de las nuevas Instalaciones de INDITEX en Arteixo (A Coruña). Esta planta tiene las siguientes características:

- Superficie de 19.865 m² con una altura media bajo forjado de 4,74 m.
- Comunicación con Sótano -1 a través de rampa central.
- Vigas longitudinales y transversales bajo forjado.
- 2 pozos de extracción mecánica (E2 y E3) para extracción multiplanta. El pozo de extracción E3 sólo se utiliza para extracción de aire en planta baja.
- Admisión de aire por depresión en planta baja (se dispone de aberturas en 2 laterales a través de patio inglés, así como de puerta de entrada por lado inferior).
- Disposición de ventiladores de alta inducción (Colt Cyclone) y de impulsos (Colt Jetstream) según planos ref. 30.03305-01C (instalación bajo forjado).
- Instalación de detección de incendio.
- Instalación de rociadores automáticos bajo forjado.

2.2 Características del sistema de ventilación

El sistema de ventilación presente en la Planta Baja dispone de las siguientes características:

- Pozos de extracción multiplanta: Se ha previsto el uso de aireadores verticales Colt Euro-CO para controlar la extracción de aire de la planta afectada, evitando que el humo/aire viciado penetre en la otra planta. En el modelo se han implementado aberturas según las dimensiones previstas, garantizándose la totalidad de capacidad de extracción proyectada.
 - Control de humos en caso de incendio: 968.810 m³/h
 - Pozo de extracción E2: 701.113 m³/h.
 - Pozo de extracción E3: 267.680 m³/h.
- Ventiladores de impulso: ubicación bajo forjado de ventiladores de alta inducción COLT Cyclone y ventiladores axiales de impulsos Colt Jetstream, según distribución prevista en estudio de COLT y grafiados en planos ref. 30.03305-01C.

La maniobra automática del sistema de ventilación es la siguiente:

- Tiempo de detección del incendio: 1 minuto
- Cierre compuertas de regulación de planta no afectada por incendio (en caso de estar abiertas)
- Parada de todos los ventiladores de impulso (si están funcionando por señal CO)
- Abertura compuertas de planta afectada por incendio: se requiere señal de final de carrera
- Funcionamiento extractores según capacidad descrita para control de humos en caso de incendio. La maniobra de cada extractor va acorde al final de carrera de la compuerta asociada al mismo.
- Funcionamiento (velocidad alta) ventiladores de impulso de la planta afectada por el incendio. Retraso 9 minutos respecto señal de detección de incendio.
- Sistema nuevamente en estado de reposo con la desactivación de señal de detección.

2.3 Características del incendio

Se ha tomado como referencia la curva de incendio obtenida experimentalmente por BRE (*Building Research Establishment*) y publicada en 2010 [BRE, 2010].

El experimento se realizó el 20 de septiembre de 2007 en las instalaciones de BRE en Garston, Liverpool. Se dispuso de tres coches (Renault Grand Espace del 2000, Seat Ibiza del 2002 y Land Rover Freelander del 2002) situados uno al lado del otro. El incendio fue iniciado con el Renault Grand Espace, situado en uno de los extremos. El sistema de extinción automático fue diseñado según BS EN 12845:2004 con clasificación OH2, 5mm/min y 12m² por rociador (un total de 6 rociadores).

Como resultado, el incendio no propagó a los coches cercanos debido al efecto de los rociadores. El periodo de ignición del coche comprende los primeros 40 minutos. Se ha prescindido de este periodo, ya que los escenarios deben partir de la suposición que la ignición ya ha tenido lugar. En consecuencia, y para reducir el tiempo de simulación, la curva simplificada que se propone es la siguiente (Figura 1):

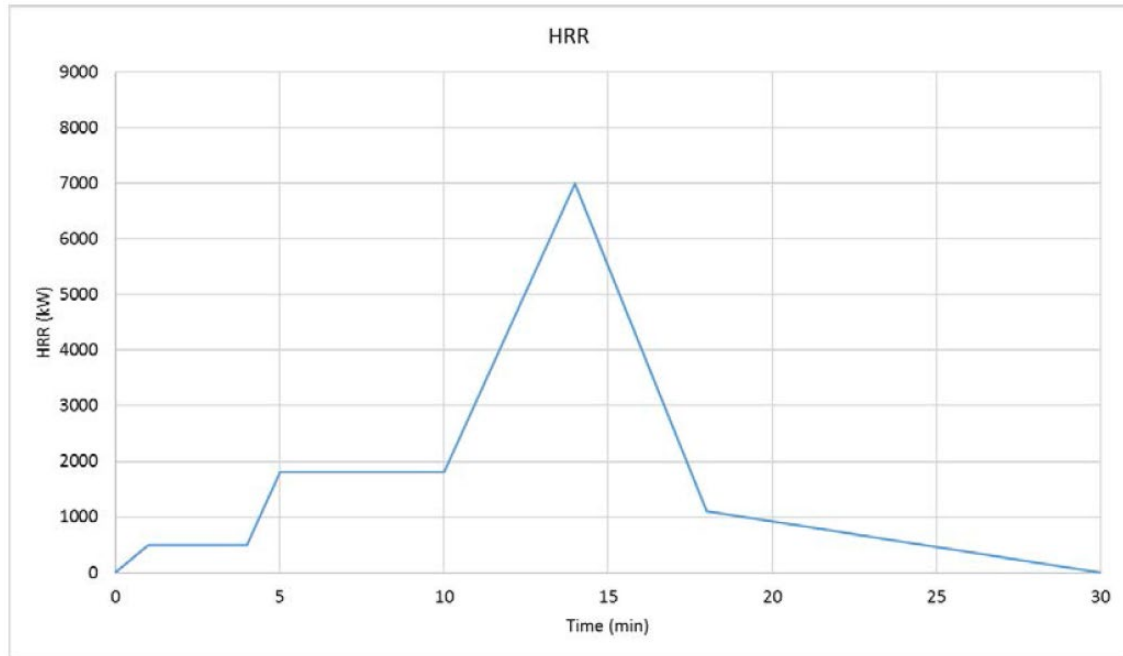


Figura 1 – Curva de incendio con rociadores simplificada

El incendio se desarrolla a lo largo de 30 minutos, alcanzando un pico de 7 MW alrededor de los 14 minutos después del inicio del incendio.

Falta definir l'àrea de l'incendi, el HRR/m², posició arran de terra, soot yield utilitzat, heat of combustió, ...tots els paràmetres utilitzats a FDS per poder obtenir els resultats que després grafiquem. Pots posar-ho en una taula

2.4 Ubicación del incendio

El incendio estará ubicado en el eje 24-25-J-I, tal y como se muestra en la Figura 2 .

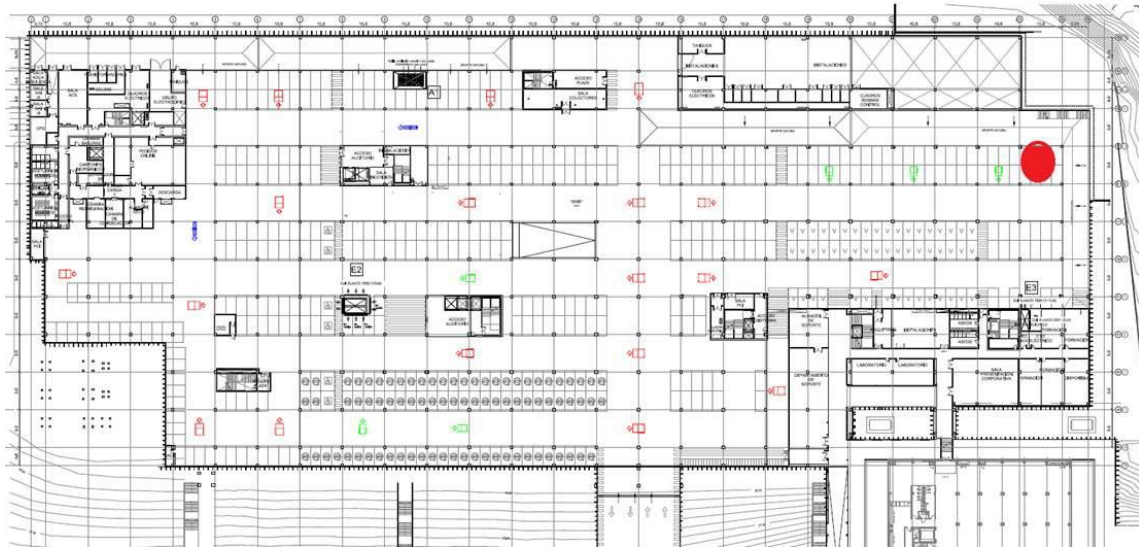


Figura 2 - Ubicación de incendio en Planta Baja

2.5 Dominio computacional y mallado

2.6 Simulación del sistema de ventilación

2.7 Duración de la simulación

3 Parámetros a visualizar

Se visualizará la evolución temporal - durante las diferentes fases del incendio - de los parámetros más relevantes para poder validar debidamente el sistema de ventilación. Asimismo, y según acordado con la Propiedad, también se hará especial hincapié en evaluar las condiciones durante la evacuación del parking (primeros 10 minutos), a pesar de que el sistema de ventilación horizontal aún no habrá entrado en funcionamiento mientras dure la evacuación del mismo. En este sentido, es importante destacar que el dimensionado del sistema de ventilación proyectado no se ha realizado según los objetivos de *means of escape* (BS 7346-7 capítulo 11), por lo que sólo se visualizarán el comportamiento durante la evacuación a título informativo.

Los parámetros a visualizar a lo largo de todo el tiempo de simulación junto con su ubicación serán los siguientes:

- Plano Z=1,8 m
 - Velocidad del aire
 - Temperatura
 - Visibilidad alcanzada
 - Concentración de oxígeno
 - Concentración de CO y CO₂
- Cortes Longitudinales (CL1, CL2, CL3, CL4, CL5, CL6) (ver Figura 3)
 - Velocidad aire
 - Temperatura
 - Visibilidad alcanzada
 - Concentración de oxígeno
 - Concentración de CO y CO₂
- Cortes transversales (CT1, CT2, CT3, CT4, CT5, CT6 y CT7) (ver Figura 3)
 - Velocidad aire
 - Temperatura
 - Visibilidad alcanzada
 - Concentración de oxígeno
 - Concentración de CO y CO₂
- Difusión del humo 3D

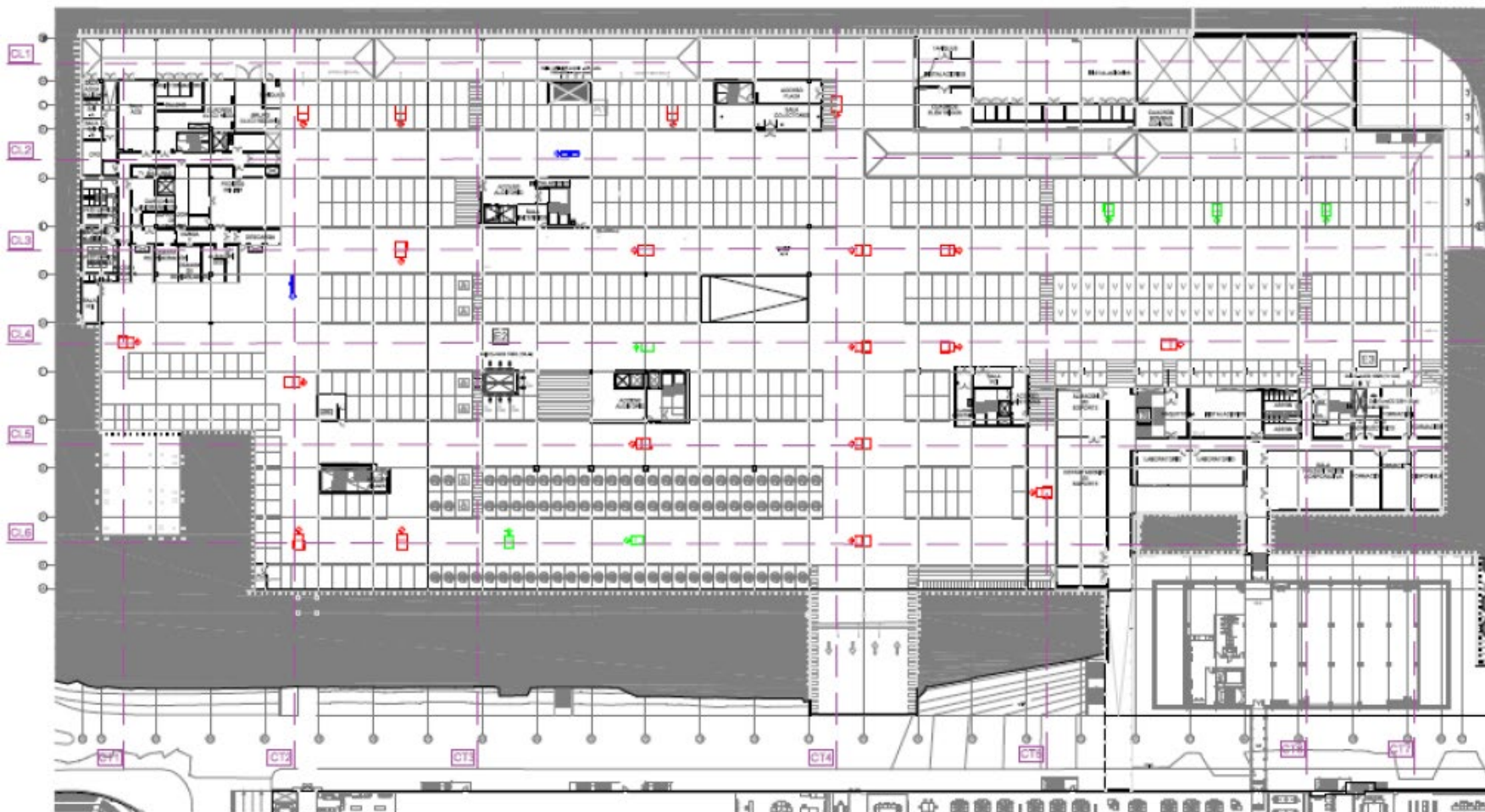


Figura 3 - Distribución de cortes longitudinales y transversales para visualización de parámetros en Planta Baja

4 Análisis de los resultados

El Escenario A se ha simulado durante 40 minutos (30 minutos de duración de la curva de incendio y 10 minutos adicionales con el sistema de ventilación en funcionamiento). Para ello ha sido necesario un tiempo de cálculo de 192 horas (8 días) con un Intel Xeon CPU E5-2699 v4 @ 2.20GHz de 44 procesadores lógicos y 256Gb de RAM.

4.1 Velocidad del aire

Smokeyview 6.2.2 - Apr 10 2015

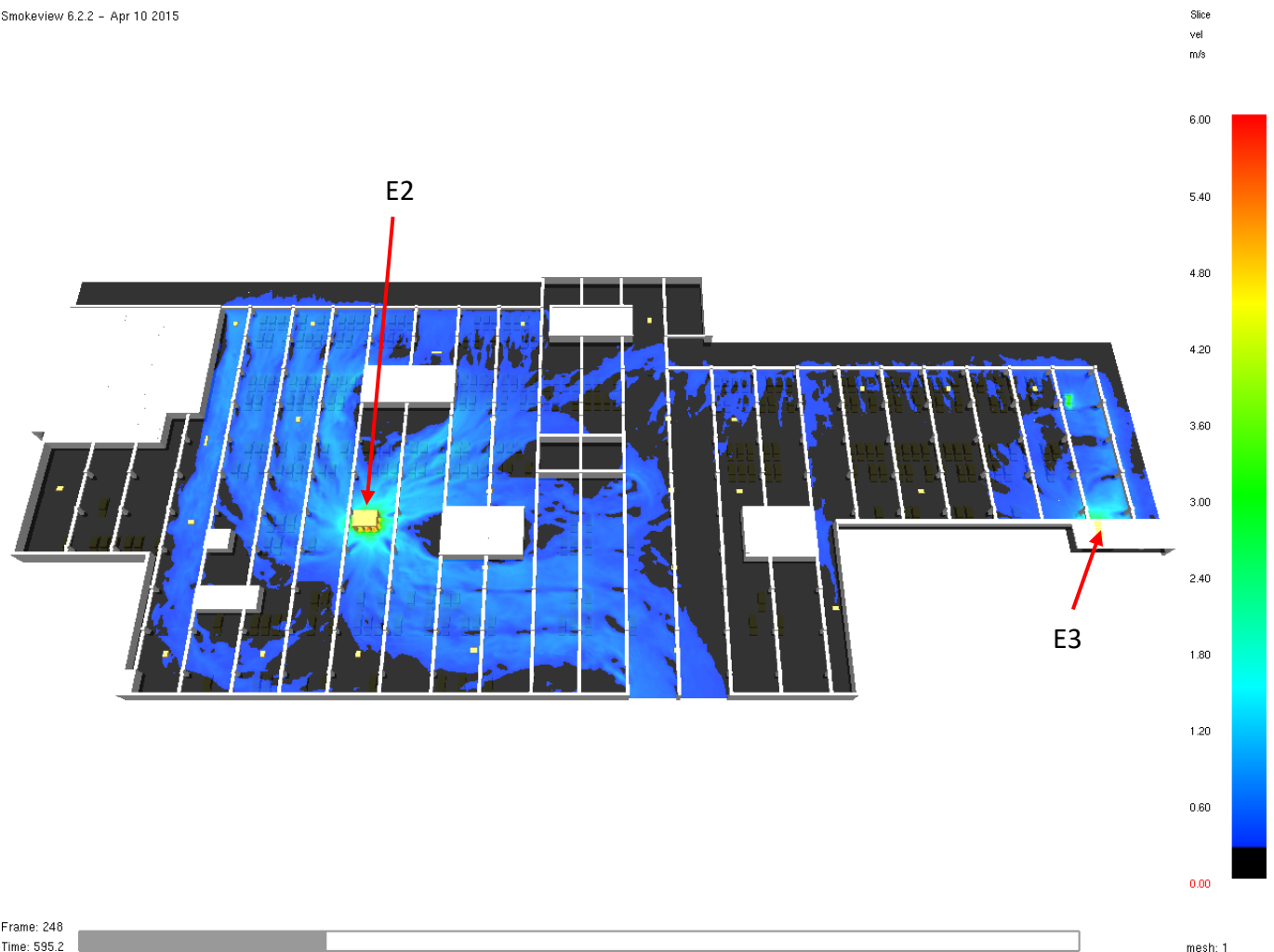


Figura 4 - Velocidades del sistema sobre el plano Z=1,8 m a t=10 minutos

La Figura 4 corresponde a las velocidades del sistema de ventilación cuando sólo se encuentran en funcionamiento los pozos de extracción E2 y E3. Como consecuencia de esta extracción se

genera una aportación natural a través de las aberturas al exterior, es decir, a través de patio inglés y de la puerta de acceso de vehículos. A través de la rampa central también se produce una aportación de aire a la Planta Baja. Las principales corrientes de aire se generan entre estas aberturas y los puntos de extracción, dejando así zonas del aparcamiento donde el movimiento del aire es mínimo.

Smokeview 6.2.2 - Apr 10 2015

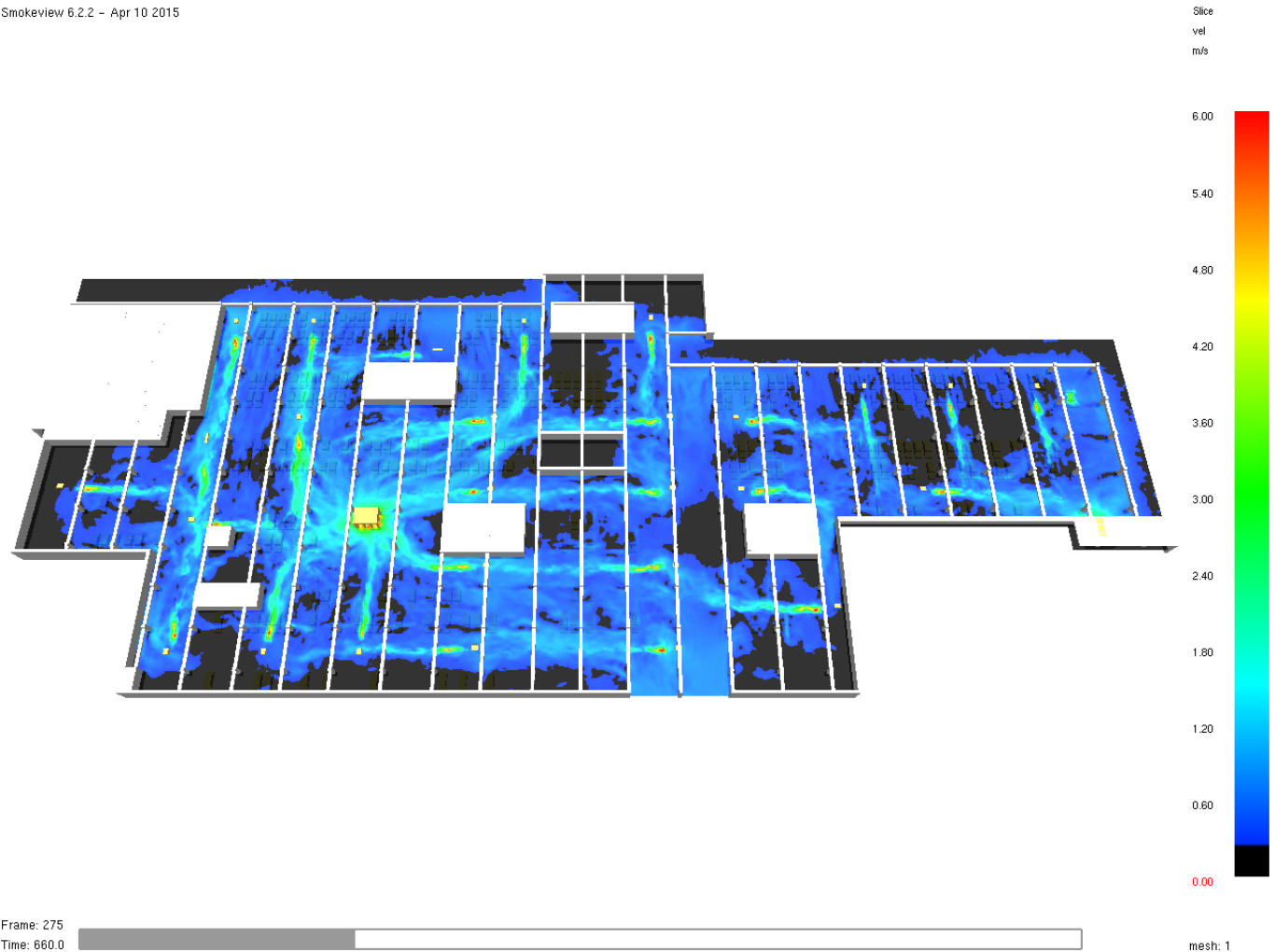


Figura 5 - Velocidades del sistema sobre el plano Z=1,8 m a t=11 minutos

La Figura 5 corresponde a las velocidades del sistema de ventilación cuando todos los elementos han entrado en funcionamiento. La puesta en marcha de los ventiladores provoca que prácticamente la totalidad del aire de la Planta Baja esté en movimiento y que la dirección de las corrientes de aire sea hacia los pozos de extracción. Durante el resto de la simulación las corrientes de aire se mantienen prácticamente constantes.

4.2 Difusión del humo 3D

Smokeview 6.2.2 - Apr 10 2015

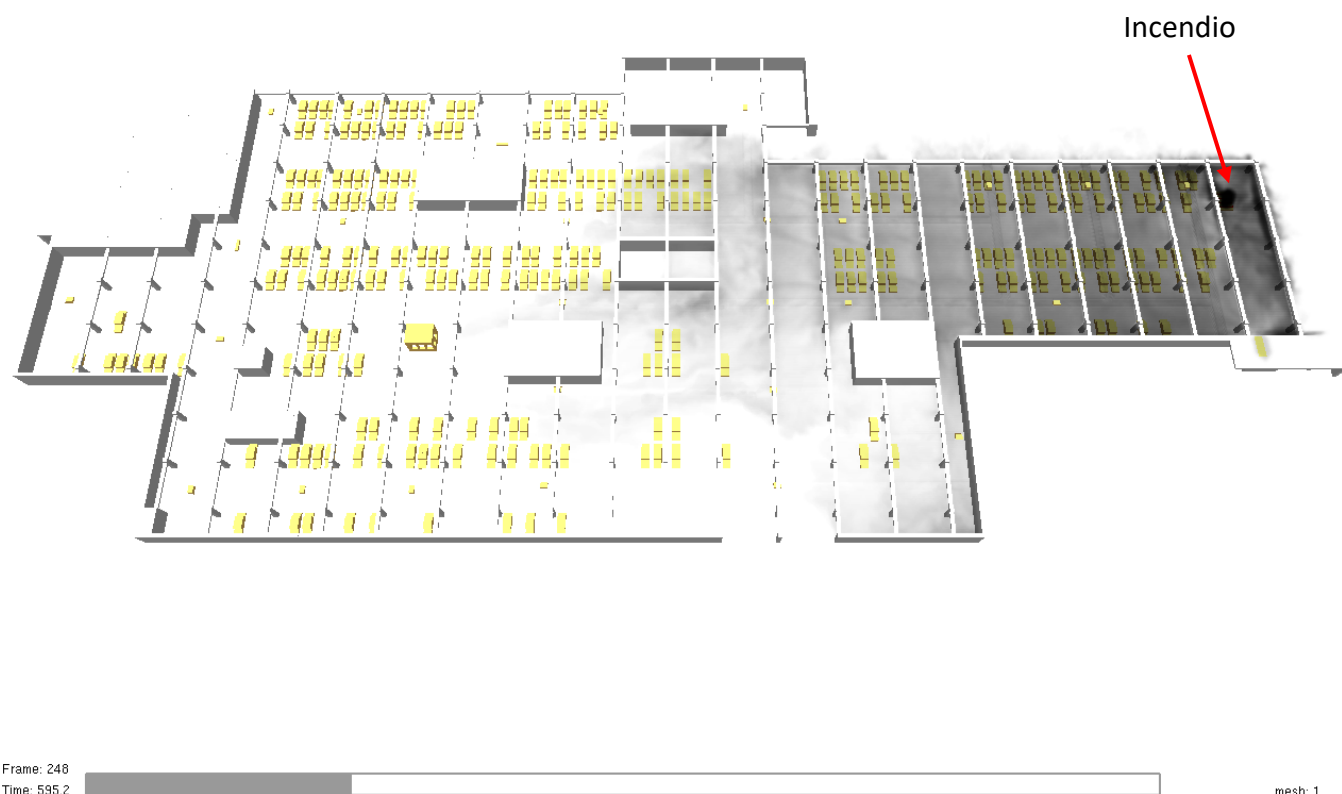


Figura 6 – Difusión del humo 3D a $t=10$ minutos

La Figura 6 muestra la situación de la Planta Baja tras 10 minutos desde el inicio del incendio. En este momento la evacuación de los ocupantes ya ha tenido que ser realizada. Se puede observar como el humo generado se ha extendido por la parte derecha de la planta. Parte de este humo se evacúa al exterior a través de las aberturas del patio inglés y otra parte a través del pozo de extracción más cercano al incendio, E3. En este instante, los ventiladores aún no han entrado en funcionamiento.

Smokeyview 6.2.2 - Apr 10 2015

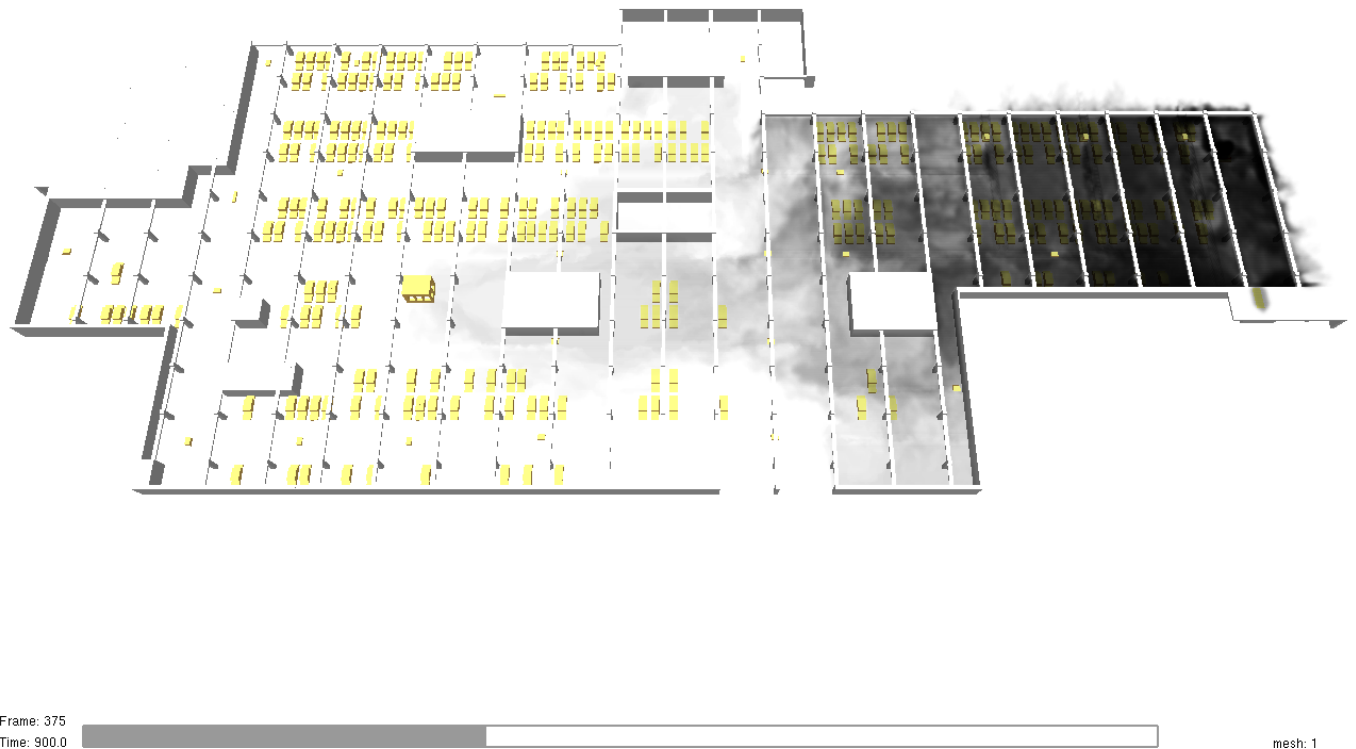


Figura 7 – Difusión del humo 3D a t=15 minutos

La Figura 7 corresponde a la situación en la que la acumulación de humo es mayor. Este hecho se produce cuando el incendio ha llegado al pico de máxima potencia y, en consecuencia, la producción de humo es máxima. Gran parte del humo está concentrado en la zona más cercana al incendio. Si se compara con la Figura 6 se puede apreciar como los ventiladores hacen una función de contención del humo y lo conducen hacia los pozos de extracción.

La Planta Baja vuelve a estar totalmente libre de humo en el minuto 37, es decir, 7 minutos después de la extinción del incendio.

4.3 Visibilidad

La visibilidad es un parámetro muy importante para garantizar la seguridad de los ocupantes durante la fase de evacuación. En la Figura 8 se muestra el valor de ésta a una altura de 1,8 metros instantes antes de que la fase de evacuación se haya dado por terminada.

Smokeyview 6.2.2 – Apr 10 2015

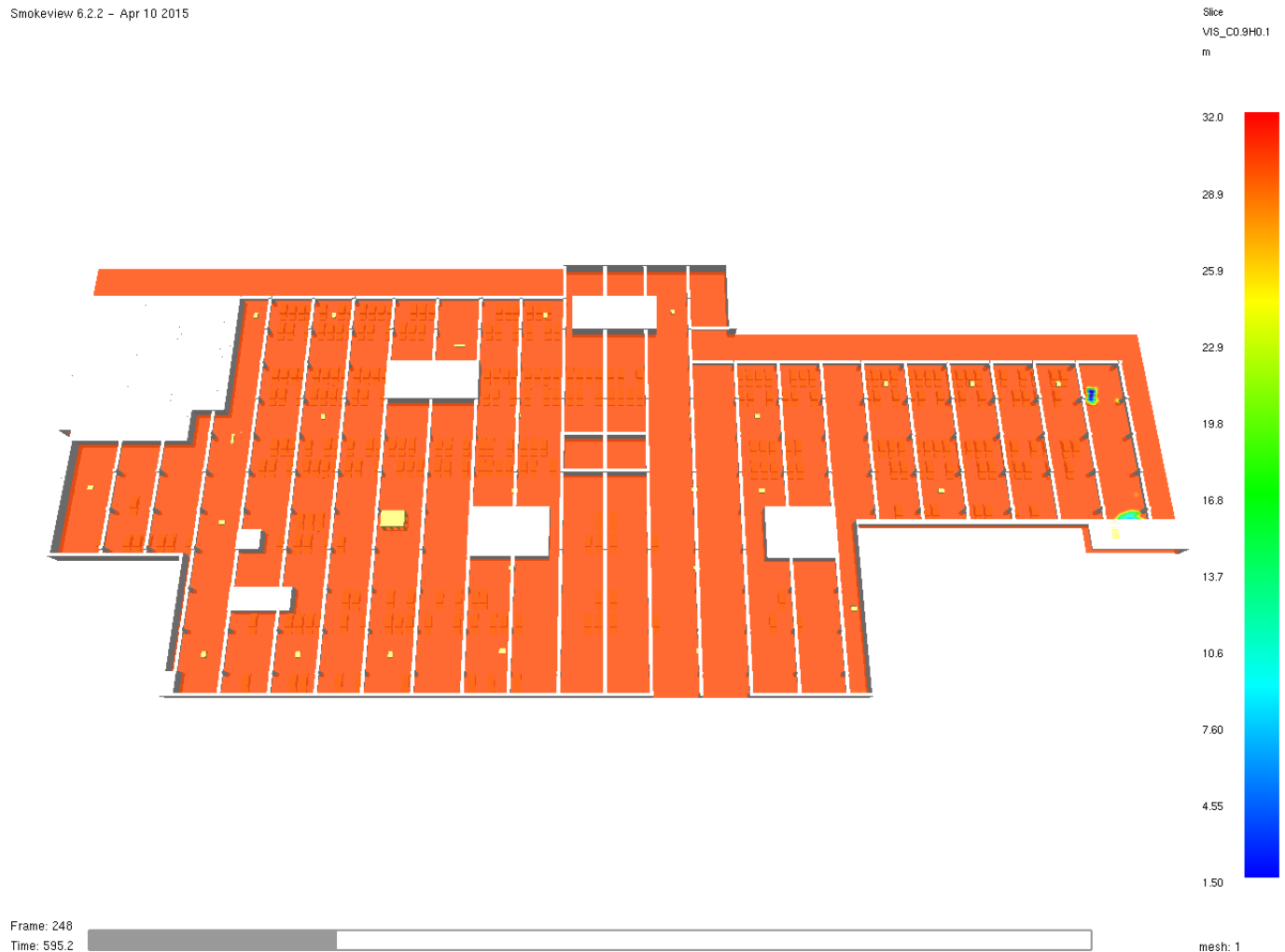


Figura 8 – Visibilidad sobre el plano Z=1,8 m a t=10 minutos

Se puede apreciar como prácticamente la totalidad de la Planta Baja posee un valor de visibilidad propio de una zona libre de humo. A pesar de que el humo generado hasta el momento se haya propagado por una parte de la planta, tal y como se ha visto anteriormente con la difusión del humo 3D (Figura 6), la altura de la capa de humo no es suficientemente baja como para afectar la visibilidad a 1,8 metros. Sólo existen dos zonas puntuales donde la visibilidad se ve afectada, siendo éstas la zona justo sobre el incendio y la zona más próxima al pozo de extracción E3.

Smokeview 6.2.2 – Apr 10 2015

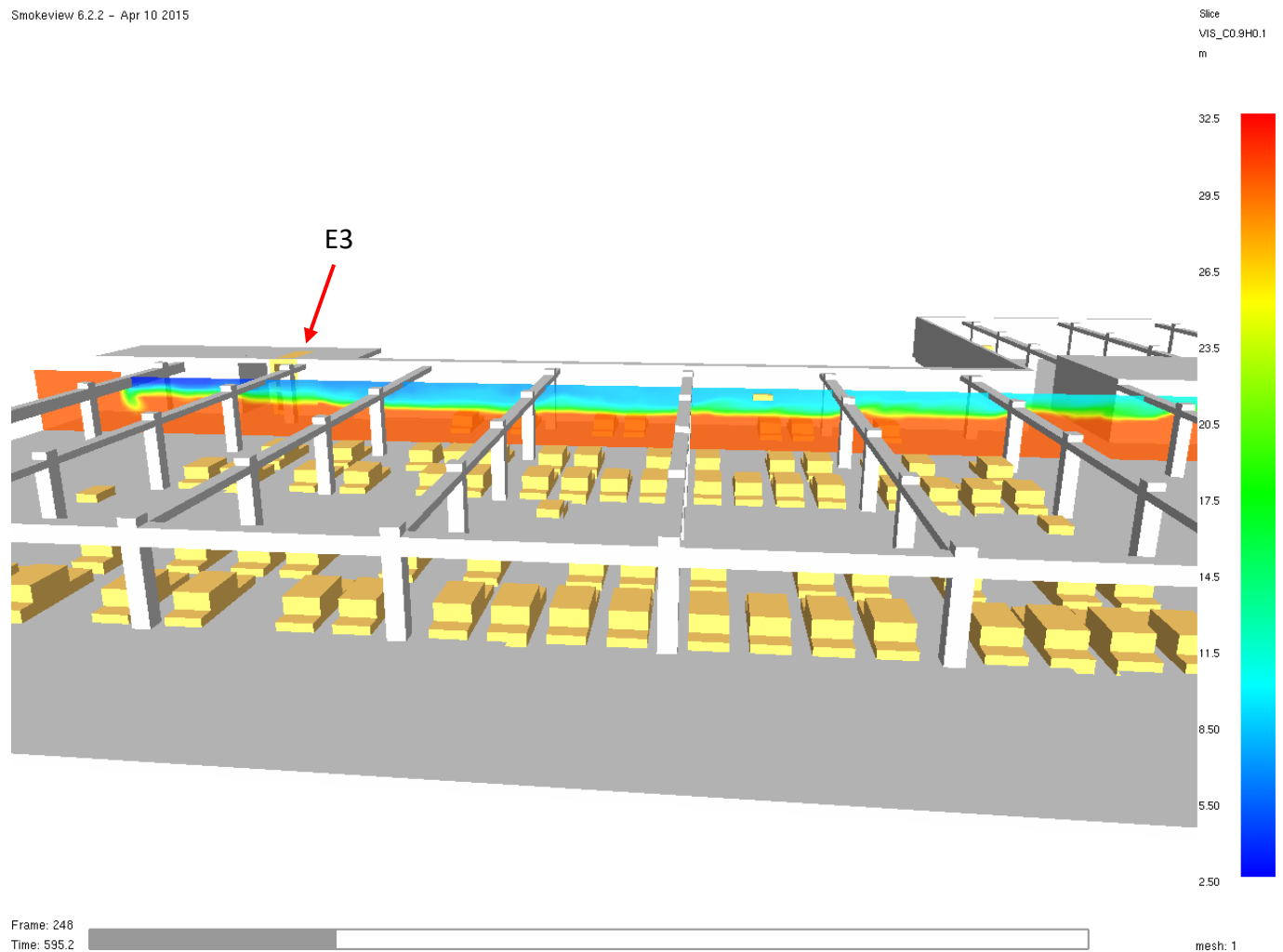


Figura 9 – Visibilidad sobre el Corte CL4 a t=10 minutos

En la Figura 9 se puede apreciar cualitativamente la altura de la capa de humo en un corte cercano al pozo de extracción E3 (CL4) cuando han transcurrido 10 minutos desde el inicio del incendio.

El funcionamiento de los ventiladores de inducción provoca que el humo próximo a éstos sea impulsado hacia los pozos de extracción, produciéndose durante el proceso un mezclado con el aire libre de humo. La Figura 10 y la Figura 11 muestran este hecho.

Smokeview 6.2.2 – Apr 10 2015

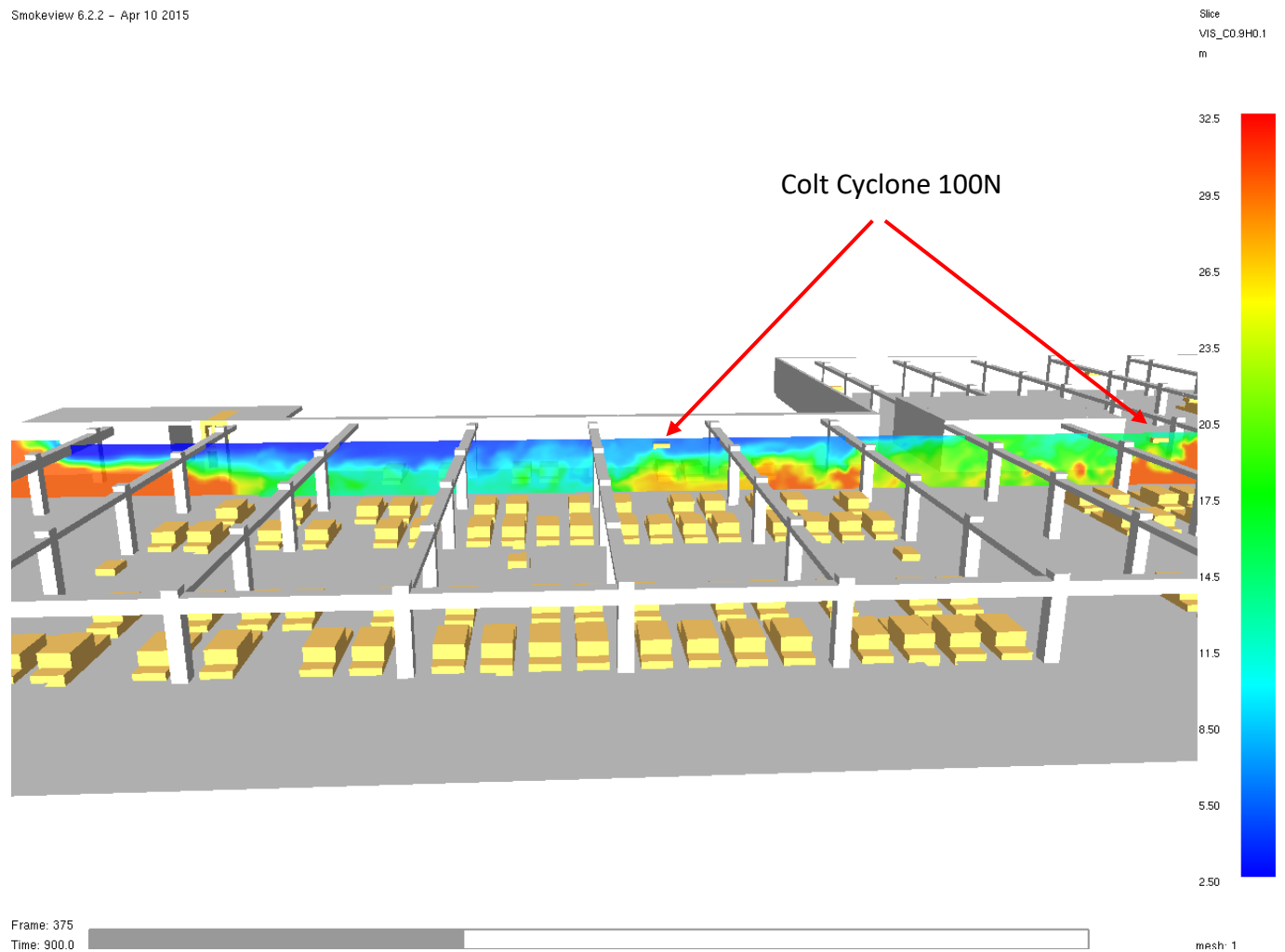


Figura 10 – Visibilidad sobre el Corte CL4 a t=15 minutos

Smokeyview 6.2.2 - Apr 10 2015



Figura 11 – Visibilidad sobre el Plano Z=1,8 m a t=15 minutos

4.4 Temperatura

La temperatura es un parámetro que mantiene una relación directa con la presencia de humo y de llamas. Es por este motivo que las zonas con mayor presencia de humo tendrán un valor de temperatura más elevado.

[Bombers de la Generalitat de Catalunya, 2017] establece como criterio de aceptación un valor inferior a 60º C a una altura de 1,8 metros en los recorridos de evacuación con fin de garantizar unas condiciones seguras para los ocupantes.

Smokeyview 6.2.2 - Apr 10 2015

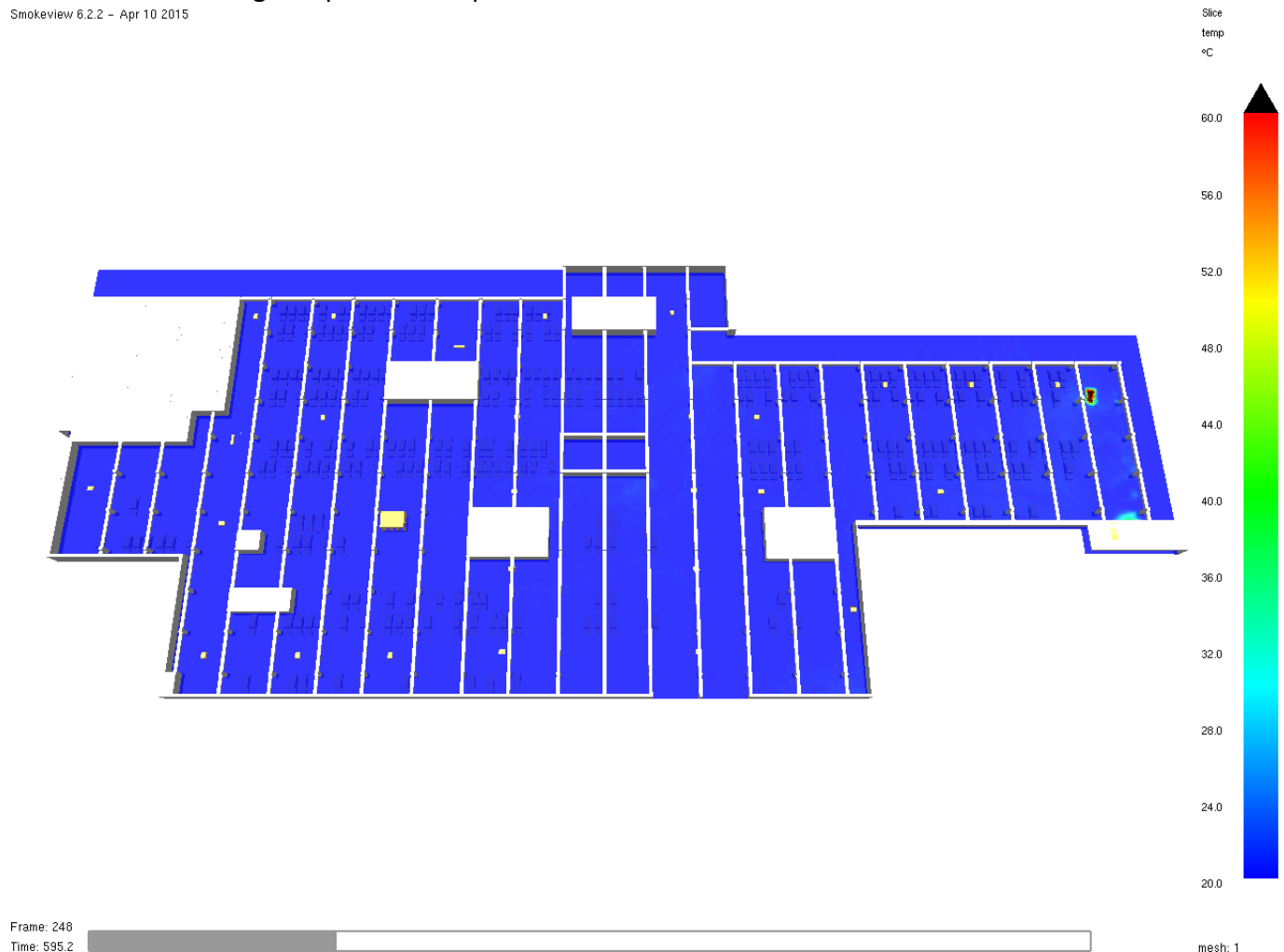


Figura 12 – Temperatura sobre el Plano Z=1,8 m a t=10 minutos

La Figura 12 muestra que, exceptuando la propia zona del incendio, los valores de temperatura a una altura de 1,8 m instantes antes de que la fase de evacuación se haya dado por finalizada

no se ven prácticamente modificados a causa del incendio. Estos resultados coinciden con la presencia de humo comentada anteriormente.

Smokeyview 6.2.2 - Apr 10 2015

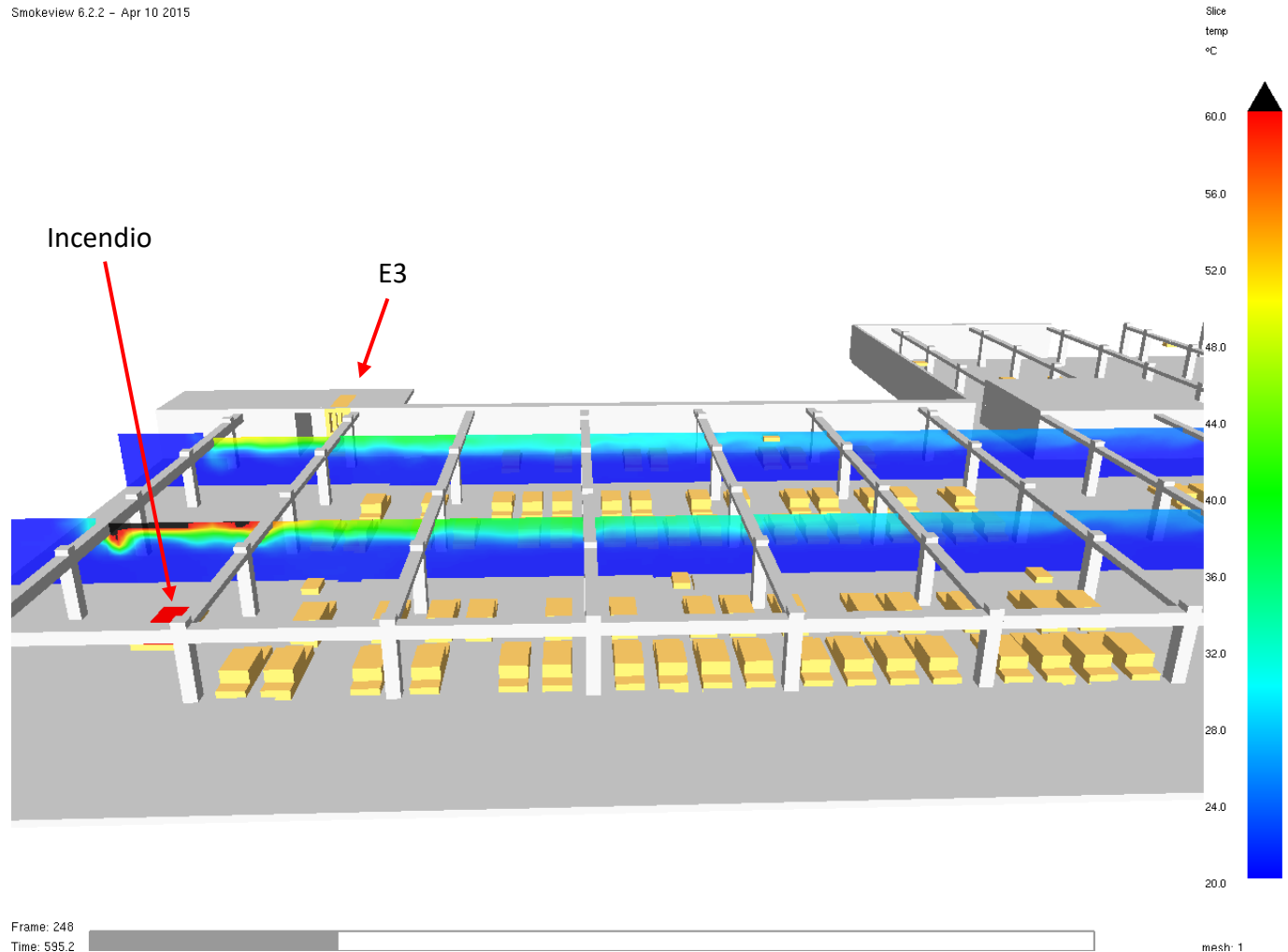


Figura 13 – Temperatura sobre el Corte CL3 y CL4 a t=10 minutos

Con la Figura 13 se puede apreciar como los valores más altos de temperatura corresponden a la zona donde está situada la capa de humo. Las zonas próximas al incendio presentan valores de temperatura más elevados. A pesar de este hecho, la temperatura no supone un riesgo para las personas durante la evacuación de los ocupantes.

A medida que el incendio se desarrolla, el valor de las temperaturas aumenta. La Figura 14 muestra el valor de la temperatura para los Cortes CL3 y CL4 tras 15 minutos del inicio del incendio, es decir, momentos después de que el incendio haya llegado al pico de potencia.

Smokeyview 6.2.2 - Apr 10 2015

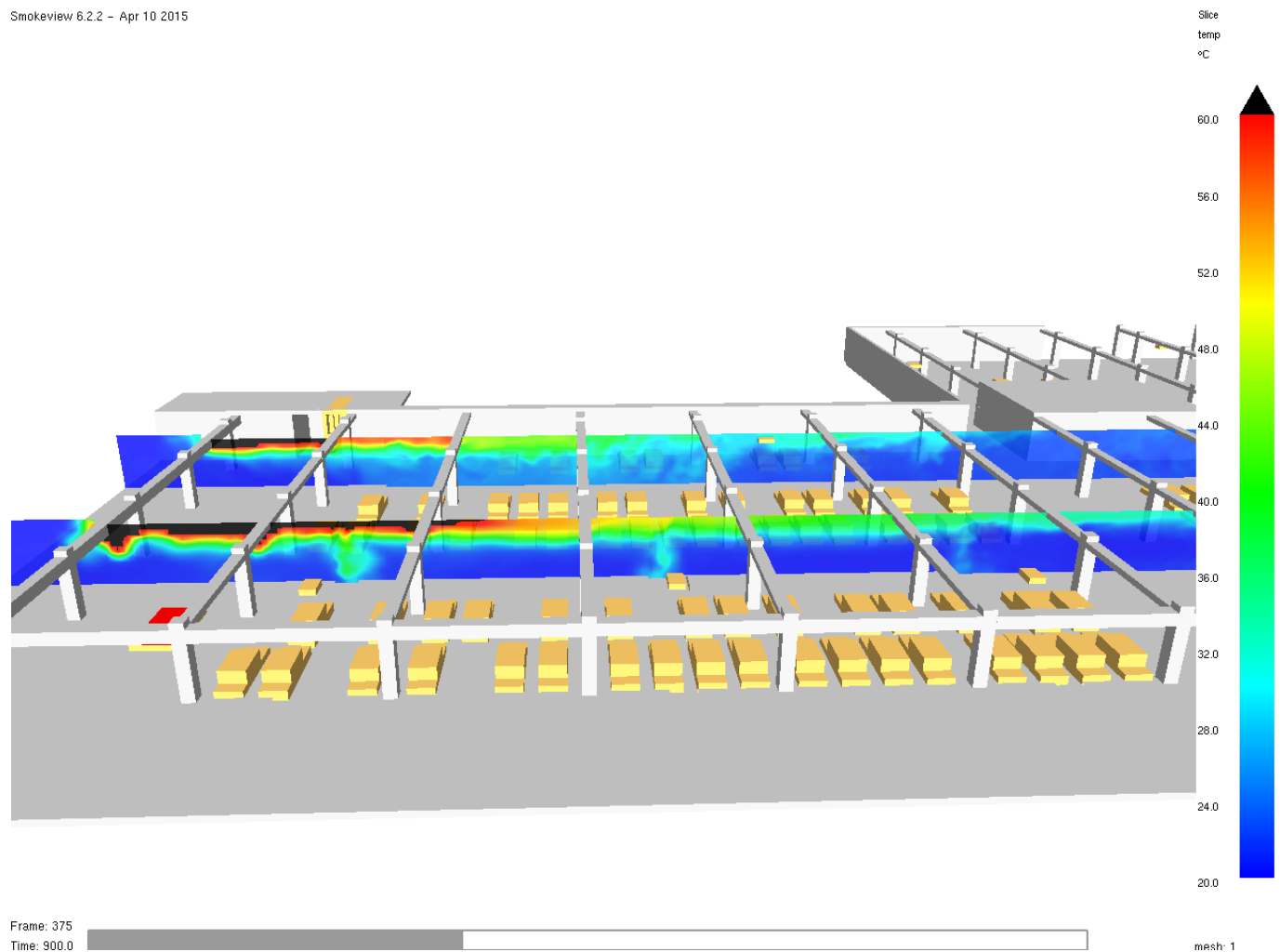


Figura 14 – Temperatura sobre el Corte CL3 y CL4 a t=15 minutos

Con la Figura 14 también se puede apreciar como los ventiladores de inducción impulsan aire caliente procedente de la capa de humo.

La situación que presenta la Planta Baja en cuanto a temperatura desde una altura de 1,8 metros en este mismo instante se representa en la Figura 15 .

Smokeyview 6.2.2 – Apr 10 2015

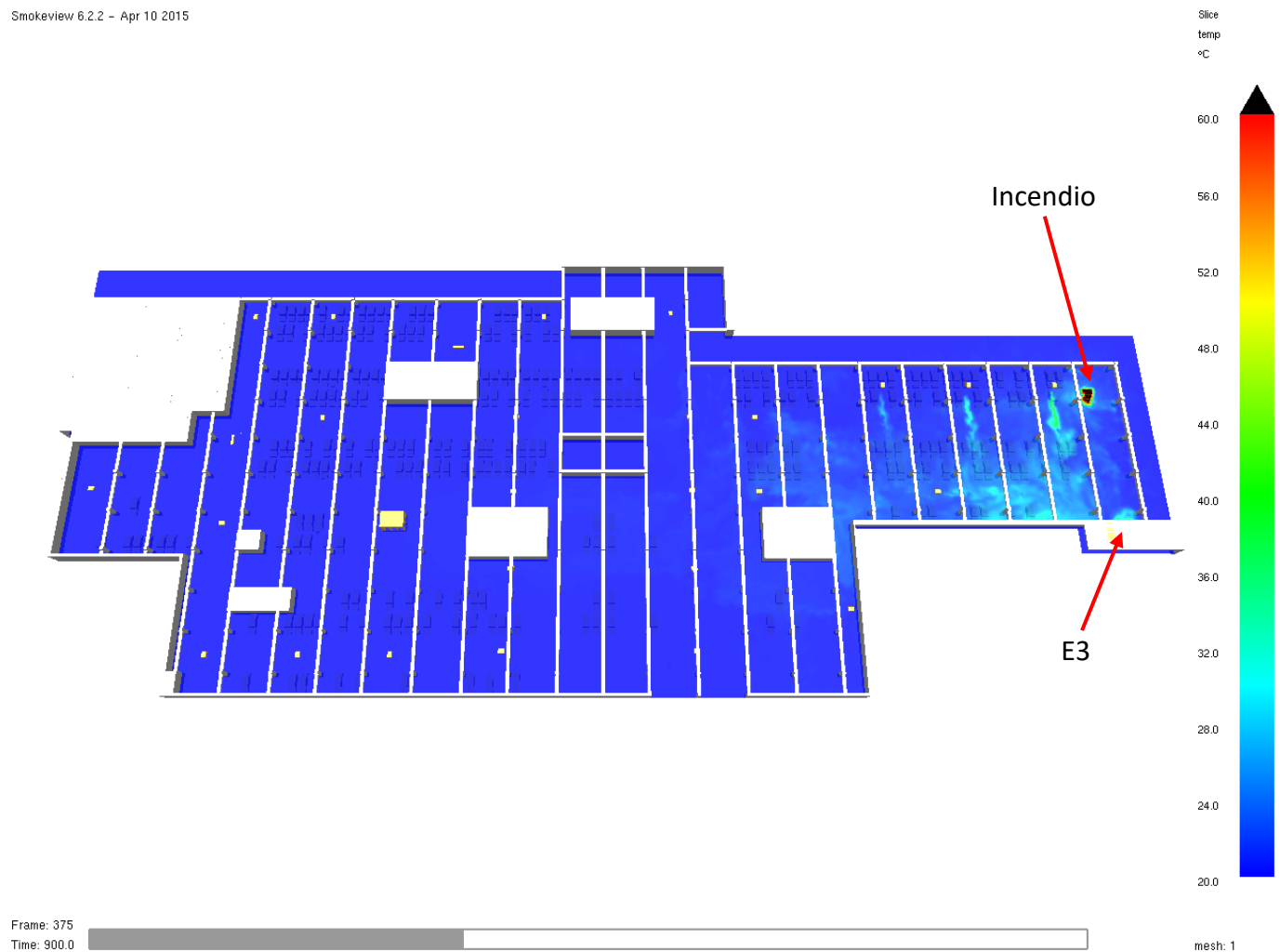


Figura 15 – Temperatura sobre el Plano Z=1,8 m a t=15 minutos

En referencia a la temperatura, la zona más afectada desde una altura de 1,8 metros se encuentra comprendida entre el incendio y el pozo de extracción E3. Esto puede ser debido a que una parte importante del humo generado es arrastrada hacia el pozo de extracción E3, aumentando así la temperatura a su paso.

4.5 Concentración de oxígeno

Nuevamente, la concentración es un parámetro que está relacionado con la concentración de humo. [Bombers de la Generalitat de Catalunya, 2017] establece como criterio de aceptación un valor superior al 18% en volumen a una altura de 1,8 metros en los recorridos de evacuación con fin de garantizar unas condiciones seguras para los ocupantes.

A continuación, la Figura 16 muestra la concentración de oxígeno instantes antes de que la fase de evacuación se haya dado por finalizada en las zonas con más acumulación de humo (Cortes CL3 y CL4).



Figura 16 – Concentración de oxígeno sobre los Cortes CL3 y CL4 a t=10 minutos

Se puede apreciar que incluso en las zonas más próximas al incendio la concentración de oxígeno no es inferior al 20%, por lo que no supone ningún peligro durante la fase de evacuación de ocupantes.

Smokeyview 6.2.2 – Apr 10 2015



Figura 17 – Concentración de oxígeno sobre los Cortes CL3 y CL4 a $t=15$ minutos

Con ayuda de la Figura 17 se puede ver que, ni siquiera cuando existe mayor acumulación de humo, la concentración de oxígeno de la zona cercana al incendio no es inferior al 19% en volumen.

4.6 Concentración de CO

Inicialmente se ha impuesto una concentración basal de CO de 20 ppm en la totalidad de la Planta Baja para considerar un escenario más realista.

[Bombers de la Generalitat de Catalunya, 2017] establece como criterio de aceptación un valor inferior a 150 ppm de CO a una altura de 1,8 metros en los recorridos de evacuación con fin de garantizar unas condiciones seguras para los ocupantes.

La Figura 18 muestra la concentración de CO desde una altura de 1,8 metros instantes antes de que la fase de evacuación se haya dado por finalizada.

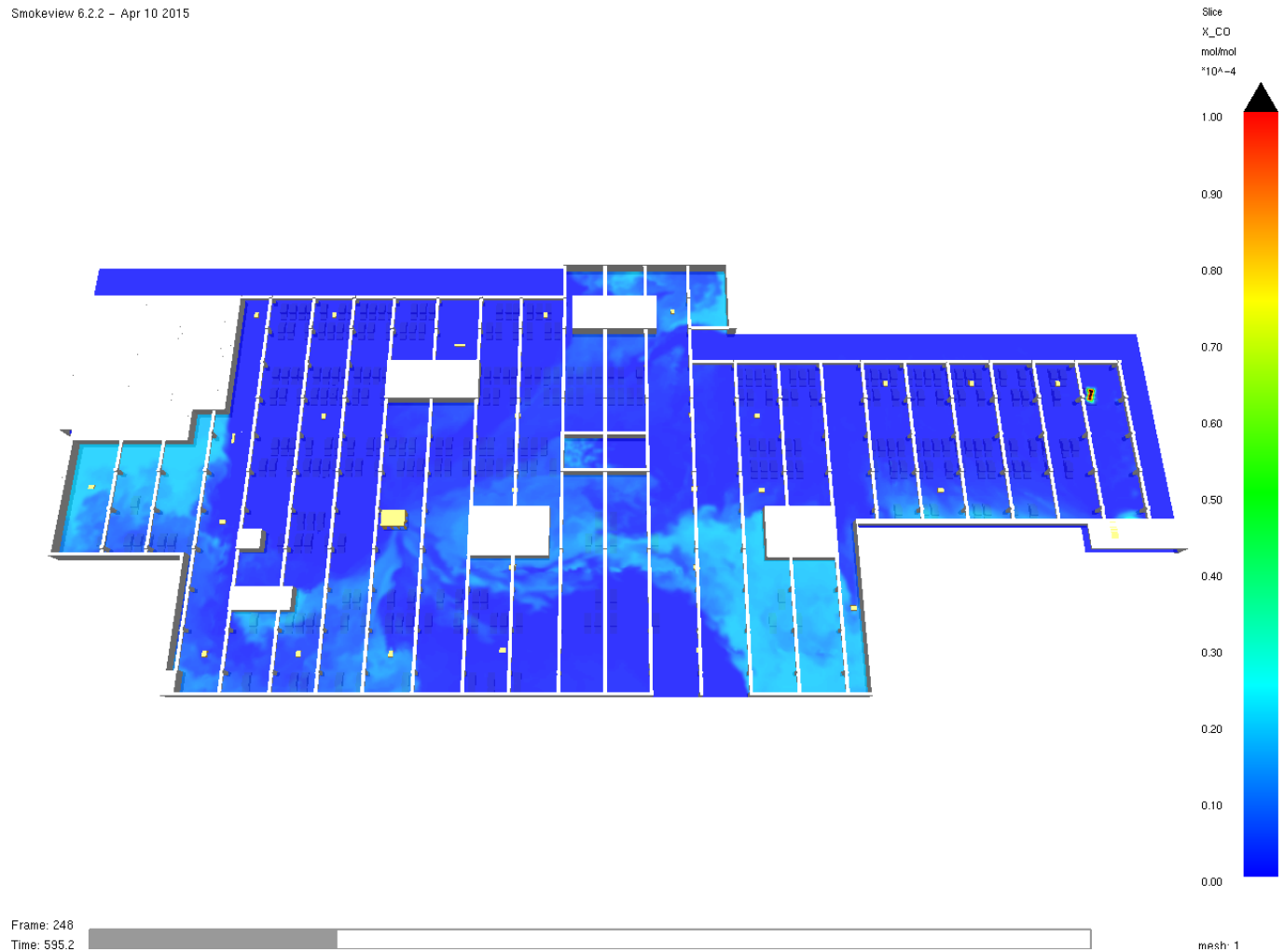


Figura 18 – Concentración de CO sobre el Plano Z=1,8 m a t=10 minutos

Hasta este momento y desde esta altura, no sólo no ha incrementado la concentración de CO existente, sino que el sistema de extracción ha sido capaz de evacuar gran parte de la concentración inicial. Por este motivo se puede afirmar que la concentración de CO no supone ningún peligro para las personas durante la fase de evacuación.

Smokeyview 6.2.2 - Apr 10 2015

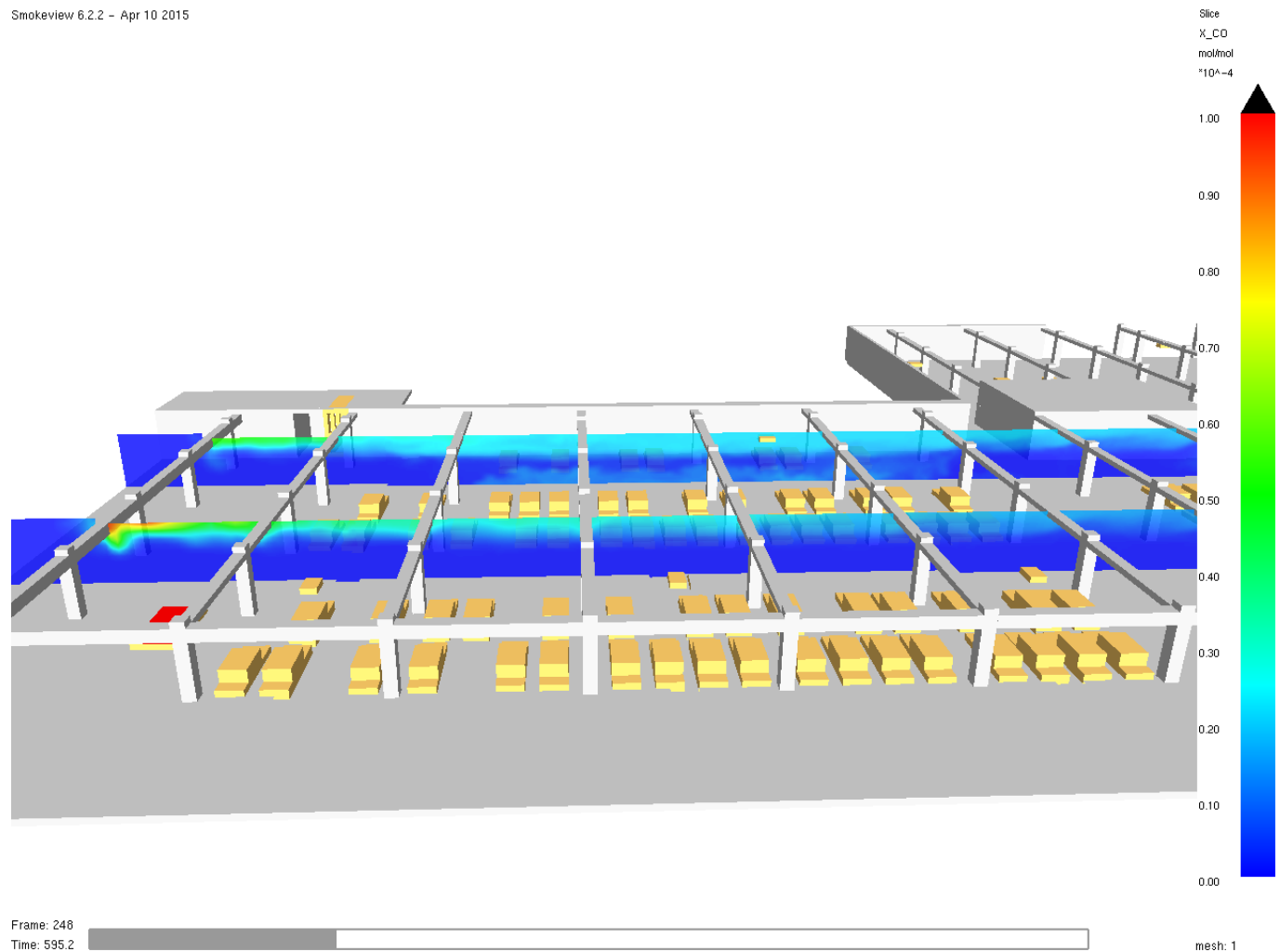


Figura 19 – Concentración de CO sobre los Cortes CL3 y CL4 a t=10 minutos

En la Figura 19 se representa la concentración de CO sobre los cortes cercanos al incendio (CL3 y CL4) en este mismo instante. La concentración de CO varía acordeamente con la presencia de humo. Sólo en las zonas más altas y cercanas al incendio se logran concentraciones de CO relativamente altas, superando las 90 ppm.

Durante el pico del incendio la generación de humo es máxima, así como la concentración de CO. La Figura 20 muestra la concentración de CO de los cortes cercanos al incendio (CL3 y CL4) cuando la curva de incendio se encuentra en su pico de potencia.

Smokeyview 6.2.2 - Apr 10 2015

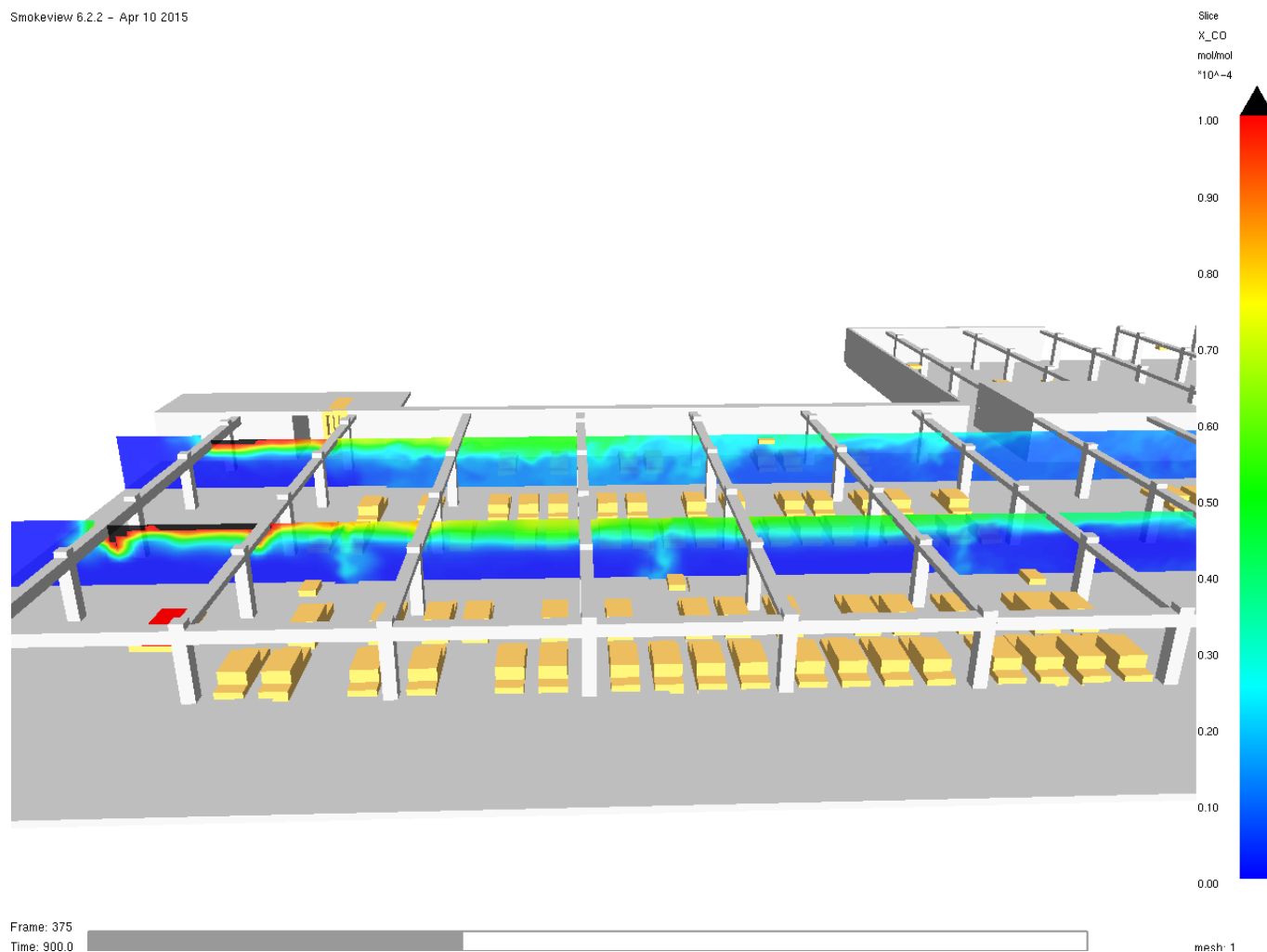


Figura 20 – Concentración de CO sobre los Cortes CL3 y CL4 a t=15 minutos

Los valores de la concentración de CO han crecido notablemente. En la zona del propio incendio se superan incluso las 300 ppm.

4.7 Concentración de CO₂

[Bombers de la Generalitat de Catalunya, 2017] establece como criterio de aceptación un valor inferior a 0,03 mol/mol de CO₂ a una altura de 1,8 metros en los recorridos de evacuación con fin de garantizar unas condiciones seguras para los ocupantes.

Smokeview 6.2.2 – Apr 10 2015

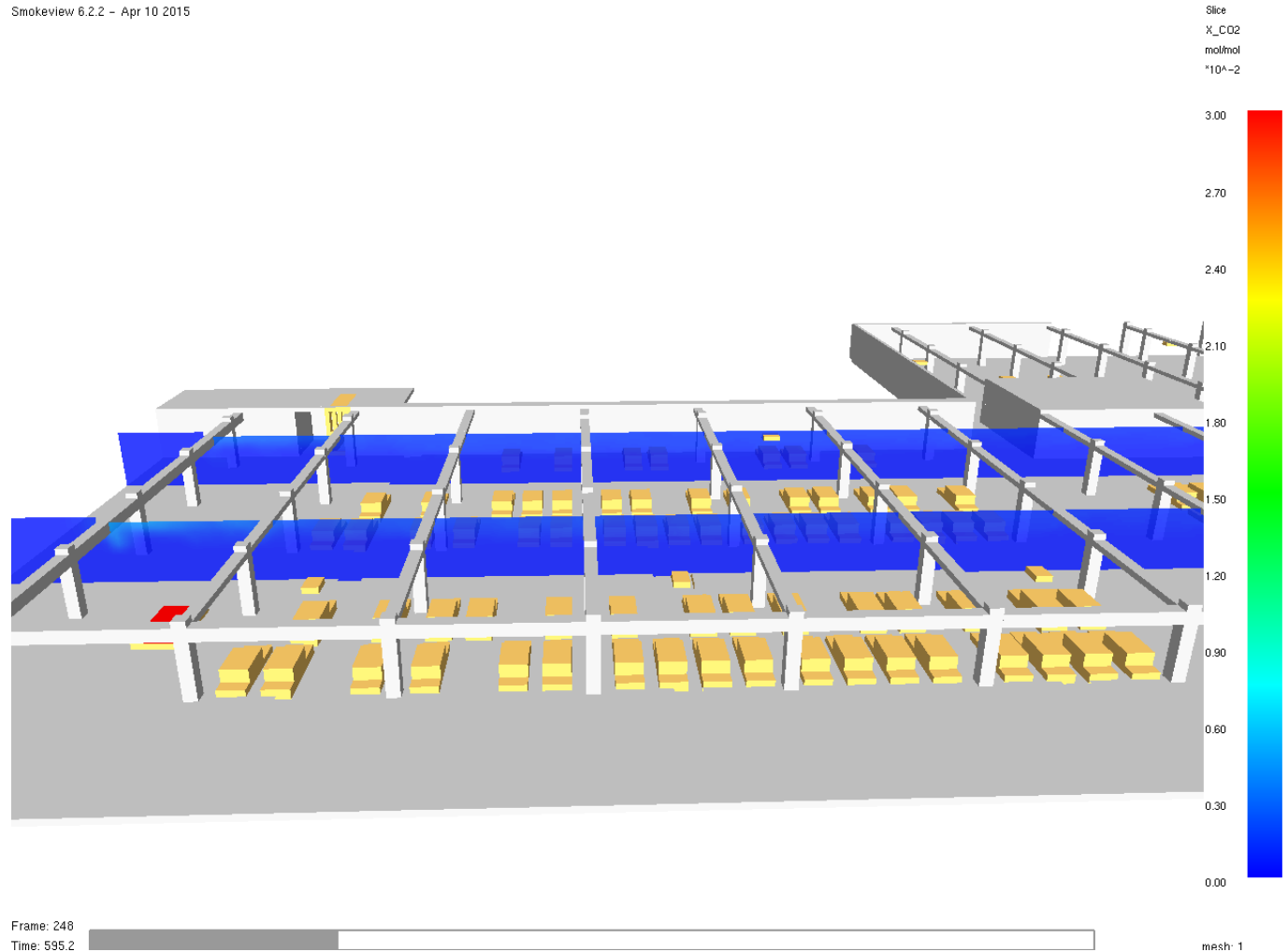


Figura 21 – Concentración de CO₂ sobre los Cortes CL3 y CL4 a t=10 minutos

En la Figura 21 se puede apreciar que, incluso en la parte alta de las zonas más próximas al incendio, la concentración de CO₂ es muy inferior al valor máximo admitido. Por este motivo se afirma que la concentración de CO₂ no se considera un riesgo para las personas durante la fase de evacuación.

Durante el resto de la simulación no se supera el valor de 0,01 mol/mol, por lo que se considera que no es necesaria su representación.

5 Conclusiones

Tras haber analizado los resultados de las simulaciones, a pesar de que el dimensionado del sistema de ventilación proyectado no se ha realizado según los objetivos de *means of escape* (BS 7346-7 capítulo 11), se puede concluir afirmando que, según los resultados de las simulaciones, el comportamiento del sistema resulta satisfactorio en cuanto a las condiciones presentes durante la fase de evacuación de ocupantes.

El hecho de disponer de una altura de planta relativamente grande y de la existencia de una aportación natural a través de patio inglés y puerta de acceso son factores que ayudan considerablemente al cumplimiento de los criterios de aceptación, ya que la altura de la capa de humo no es lo suficientemente baja como para estar presente en 1,8 metros.

En cuanto al comportamiento del sistema de ventilación una vez finalizada la fase de evacuación, el sistema es capaz de realizar el vaciado completo de humo en el minuto 37, es decir, 7 minutos después de la extinción del incendio.

6 Bibliografia

Bombers de la Generalitat de Catalunya. Guia tècnica de disseny prestacional (PBD). Sistemes de control de fums i calor per impulsos, p. 1-18, 2017.

BRE, Martin M., Fire Spread in Car Parks, Final Research Report BD 2552, 2010.